5. Aplicaciones a Gases Reales Puros (Ecuaciones de V.W. y R.K.

Problema 43

Antes de comenzar, se calculan a_{rk} y b_{rk}. Para el amoniaco, $T_c = 405{,}5K$ y $P_c = 111{,}3atm$, se toma como R el valor de $82{,}057\frac{cm^3 \cdot atm}{mol \cdot K}$, luego:

$$a_{rk} = 0{,}42748\frac{R^2 T_c^{2,5}}{P_c} = 85630613{,}01 \cdot atm \cdot K^{1/2}\,\frac{cm^6}{mol^2}$$

$$b_{rk} = 0{,}08664\frac{RT_c}{P_c} = 25{,}90\frac{cm^3}{mol}$$

Se necesitará hacer dos series de iteraciones ya que se necesitará un volumen molar al inicio y al final del proceso.

Al inicio tenemos que la temperatura es de $200°\text{F} = 366{,}48K$ y una presión de $16bar = 15{,}79atm$. Se calcula entonces un volumen molar de partida:

$$\bar{V}_0 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{82{,}057\frac{cm^3 \cdot atm}{mol \cdot K} \cdot 366{,}48K}{15{,}79atm} = 1904{,}51\frac{cm^3}{mol}$$

Ahora se procede a iterar la ecuación iterativa:

$$\bar{V}_{i+1} = \frac{RT}{P + \frac{a_{rk}}{\sqrt{T}\bar{V}_i(\bar{V}_i + b_{rk})}} + b_{rk}$$

Esta arroja los siguientes resultados

i	$\bar{V}_i$	$\bar{V}_{i+1}$	Error (%)
0	1904.5123	1915.2053	0.56

Este último es nuestro volumen molar inicial.

El volumen molar final estará dado por $2000kPa = 19{,}74atm$ y $T_1(K) + 20 = 386{,}48K$. Se calcula un primer valor:

$$\bar{V}_0 = \frac{RT_2}{P_2} = \frac{82{,}057\frac{cm^3 \cdot atm}{mol \cdot K} \cdot 386{,}48K}{19{,}74atm} = 1606{,}55\frac{cm^3}{mol}$$

Utilizando la ecuación iterativa con este primer valor se obtiene:

i	$\bar{V}_i$	$\bar{V}_{i+1}$	Error (%)
0	1606.5547	1618.8219	0.76

Ya tenemos un volumen molar inicial y uno final, ¿cómo están relacionados estos volúmenes con el dispositivo cilindro-émbolo? De la siguiente forma:

$$\bar{V}_i = \frac{\pi r^2 h_i}{n}$$

$$\bar{V}_f = \frac{\pi r^2 h_f}{n}$$

Si despejamos r^2 en ambas ecuaciones e igualamos obtenemos:

$$\sqrt{\frac{\bar{V}_i n}{h_i \pi}} = \sqrt{\frac{\bar{V}_f n}{h_f \pi}}$$

Simplificando, nos lleva a la siguiente expresión:

$$h_f = \frac{\bar{V}_f}{\bar{V}_i} h_i = \frac{1618{,}8219\frac{cm^3}{mol}}{1915{,}2053\frac{cm^3}{mol}} h_i = 0{,}85 h_i$$

Esto significa que la altura del émbolo ha descendido un 15 % de su altura inicial.

6. Aplicaciones a los Sistemas en Equilibrio Líquido-Vapor

Problema 47

47) Un tanque rígido de 0,5 Metros Cúbicos almacena una mezcla saturada liquido-vapor de n-Hexano, de forma que la altura ocupada por el Vapor es el triple que la del líquido. Luego se añade isotérmicamente más del mismo fluido al tanque. Finalmente se cierra la válvula y se calienta en 100°C el hexano hasta llegar a su punto Crítico. Determine: a) Porcentaje en peso del líquido y del vapor en la mezcla saturada; b) La cantidad de n-Hexano añadida al Tanque. Bosqueje el Proceso en un diagrama PVT y en un diagrama TVP. (Nota: Se recomienda Usar la Ecuación de SRK).

Problema 49

49) Se Almacena 1 Kgmol de propileno a 24 bar y 100°C en un Dispositivo Cilindro-Embolo sin roce. Luego se enfría el sistema hasta condensar la mitad del gas. Determine: a) Volumen inicial y final del Cilindro; b) Represente el Proceso en un Diagrama PVT; c) ¿Es posible condensar el propileno, a partir de las condiciones iniciales, mediante un proceso de Comprensión Isotérmica? Explique su respuesta.

Problema 51

51) Se construye un depósito de 400 m3 para contener gas natural licuado, GNL, que se supone equivale a metano esencialmente puro. Si el depósito debe contener 90 % de líquido y 10 % de vapor, en volumen, a 100 kPa, ¿qué masa de GNL (kg) contiene el depósito? Si debido a una falla en el sistema de refrigeración, el depósito empieza a calentarse a razón de 5°C/ hora, y el diseño soporta una presión máxima de 600 kPa, ¿de cuánto tiempo se dispone para reparar el sistema antes de que alcance la presión de diseño? (Nota: Resuélvase por la Ecuación de Peng-Robinson).

7. Mezcla de Gases: Regla de Kay

Problema 53

53) Un tanque A contiene 2130 kg de una mezcla 70 % C2H6 y 30 % N2 en base molar a 400 K y 200 atm, y se conecta mediante una línea a un tanque B inicialmente vacío. Se abre la válvula y se deja fluir el gas hasta alcanzar 311 K y 170 atm en B, instante en el cual se detiene la operación. Determine las capacidades de ambos contenedores. Suponga que la descarga del tanque A fue isotérmica y que su presión final es igual a la de B.

Puesto que los componentes de la mezcla gaseosa son son no polares, es recomendable utilizar 2 parámetros o RK para realizar este ejercicio, sin embargo, se utilizará SRK por razones didácticas.

Capacidad del Tanque A

Los datos requeridos para el cálculo del Tanque A ya se tienen a la mano, únicamente sería necesario el cálculo de un volumen molar de mezcla para obtener de ahí un volumen específico y multiplicarlo por los kilogramos de mezcla y así obtener un volumen.

Para comenzar, es necesario calcular los parámetros de SRK. Se realiza una tabla con los parámetros ya calculados:

Componentes	y_i	P_c	T_c	ω	a	b	α
C_2H_6	0.7	48.2	305.4	0.105	5569780.7286	45.0460	0.822
N_2	0.3	33.54	126.6	0.04	1375470.9550	26.8352	0.2475

Ahora se calcula cada parámetro:

$$b_m = \sum_{i=1}^{k} y_i b_i = 0{,}7 \cdot 45{,}046 + 0{,}3 \cdot 26{,}8352 = 39{,}5828 \frac{cm^3}{mol}$$

$$(a\alpha)_m = \left(\sum_{i=1}^{k} y_i \sqrt{(a_i \alpha_i)} \right)^2 = \left(0{,}7\sqrt{5569780{,}7286 \cdot 0{,}8220} + 0{,}3\sqrt{1375470{,}9550 \cdot 0{,}2475} \right)^2$$

Esto es: $(a\alpha)_m = 2798380{,}4176 atm\frac{cm^6}{mol^2}$. Como primer valor de volumen molar, se obtiene $V_{0,ideal} = 164{,}114\frac{cm^3}{mol}$. La ecuación a utilizar será:

$$\bar{V}_{i+1} = \frac{RT}{P + \frac{(a\alpha)_m}{\bar{V}_i(\bar{V}_i + b_m)}} + b_m$$

Los datos obtenidos son:

i	$\bar{V}_i$	$\bar{V}_{i+1}$	Error (%)
0	164.114	155.2742	5.69
1	155.2742	151.8016	2.29
2	151.8016	150.3503	0.97

Este último es el valor del volumen molar de mezcla. Ahora se obtiene una masa molar de mezcla:

$$M_m = 0{,}7 * M_{C_2H_6} + 0{,}3 * M_{N_2} = 30{,}6\frac{g}{mol}$$

Luego:

$$\hat{V} = 150{,}3503\frac{cm^3}{mol} \cdot \frac{1mol}{30{,}6g} = 4{,}9134\frac{cm^3}{g}$$

Por tanto, el volumen del tanque A es:

$$V_{T,A} = 2130kg\frac{1000g}{1kg} \cdot \frac{4{,}9134cm^3}{g} = 10465542cm^3 \approx 10{,}47m^3$$

Capacidad del Tanque B

Para encontrar la capacidad del Tanque B es necesario saber cuántos kg de mezcla fueron transferidos al tanque, estos kg de mezcla se consiguen por diferencia. Se deben calcular los kg de mezcla en el Tanque A a 400K y 170atm (según las condiciones del problema), calcular su volumen molar y luego dividir el volumen del tanque entre este volumen molar. Una vez realizado esto, se procede a encontrar un volumen molar en el Tanque B y se multiplica por los kilogramos de mezcla encontrados por diferencia para así encontrar el volumen del Tanque B.

Los detalles se dejan como trabajo al lector (esta taréa se simplificaría en gran medida si se realizara mediante la ecuación de 2 parámetros).